



⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 30 355 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 K 9/44**

⑳ Aktenzeichen: 101 30 355.6  
㉔ Anmeldetag: 23. 6. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 2. 1. 2003

DE 101 30 355 A 1

㉑ Anmelder:  
Astrium GmbH, 81667 München, DE

㉒ Erfinder:  
Maeding, Chris Udo, 85716 Unterschleißheim, DE

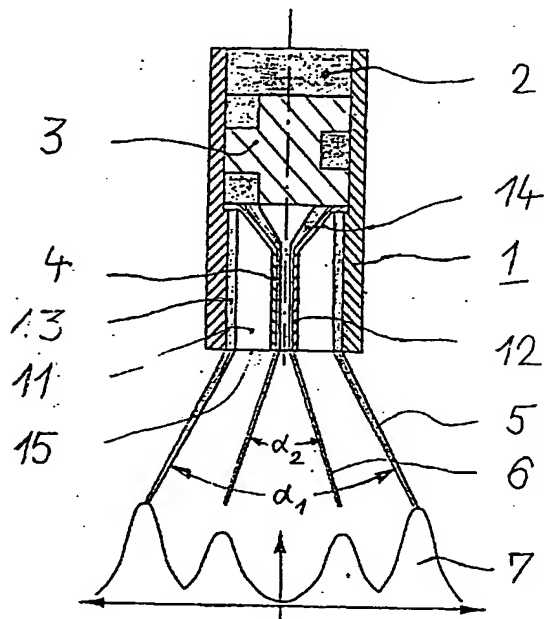
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉓ Einspritzelement für einen Raketenantrieb

㉔ Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Einspritzelement zu schaffen, das einen Brennkammer zugeführten Treibstoffstrom aufspaltet und die beiden Teilströme separiert in die Brennkammer einspritzt. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in dem Einspritzelement (1) dem zugeführten Treibstoffstrom mit einem Swirler (3) ein Drehmoment eingeprägt wird und der geswirte Treibstoffstrom mittels eines Strömungsteilers (4), einem primären Austrittskanal (11) und einem sekundären Austrittskanal (12) in eine primäre Hohlkegel-Strömung (5) und eine sekundäre Hohlkegel-Strömung (6) aufgespalten und in die Brennkammer mit unterschiedlichen Einspritzwinkeln ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ) eingespritzt wird.

Die Erfindung findet Anwendung in einem Einspritzelement für einen Raketenantrieb, das mit einem Swirler ausgerüstet ist.



DE 101 30 355 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Einspritzelement für einen Raketenantrieb gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Einspritzelemente dienen in einem Raketenantrieb der Gemischaufbereitung zur optimalen Verbrennung des Treibstoffes. Es ist bekannt, zur Beeinflussung der Verbrennung einen der Brennkammer zugeführten Oxidatorstrom mit einem Drehmoment zu versehen, wozu in dem Einspritzelement unter anderem ein Dralleinsatz – der auch als "Swirler" bekannt ist – eingesetzt ist. Zusätzlich ist es bekannt, den separat der Brennkammer zugeführten Brennstoffstrom eines derartigen Einspritzelementes mittels eines mit Bohrungen versehenen Strömungsteilers in mehrere über den Umfang des Zuführungskanals verteilte Einzelströme aufzuspalten (DE-C1-43 05 154).

[0003] Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Einspritzelement zu schaffen, das einen einer Brennkammer zugeführten Treibstoffstrom aufspaltet und die beiden Teilströme separiert in die Brennkammer einspritzt.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0005] Die erfindungsgemäße Lösung beruht auf der Aufspaltung eines geswirten Treibstoffstromes mittels eines Strömungsteilers in einem dafür ausgelegten Einspritzelement. Die Aufspaltung des geswirten Treibstoffstromes erfolgt erfindungsgemäß so, dass der Treibstoffstrom mit zwei zueinander koaxialen Hohlkegel-Strömungen in die Brennkammer eingespritzt wird.

[0006] Durch eine entsprechende Dimensionierung des Einspritzelements kann vorteilhaft eine optimale Tröpfchenaufbereitung mit unterschiedlicher Tröpfchengröße in den beiden Hohlkegel-Strömungen erzielt werden, die partielle Verbrennungszonen mit unterschiedlichem Verbrennungsverhalten oder eine stufenweise Verbrennung des Treibstoffes ermöglicht.

[0007] Durch die Ausbildung der beiden Hohlkegel-Strömungen können in der Brennkammer der jeweiligen Aufgabenstellung angepasste Treibstoffgemische gebildet werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die erfindungsgemäße Lösung im Vergleich mit Strömungsteilern, die Strömungen mittels Bohrungen aufspalten, eine Beeinflussung der Tröpfchengröße ermöglicht, wodurch das Brennkammervolumen vorteilhaft verkleinert werden kann.

[0008] Außerdem hat das erfindungsgemäße Einspritzelement stabilisierende Wirkungen auf Schwingungen in dem Verbrennungsvorgang, da die Verbrennung in einem relativ großen Bereich stattfindet und somit nur ein Teil der Verbrennungszone zur Verstärkung auftretender Schwingungen beitragen kann. Dieser Vorteil kann auch in Hauptbrennkammern mit mehreren Einspritzelementen zur zonalen Schwingungsdämpfung ausgenutzt werden.

[0009] Bezüglich vorgegebener Mischungsverhältnisse läßt sich das erfindungsgemäße Einspritzelement vorteilhaft in einem weiten Betriebsbereich einsetzen.

[0010] Die erfindungsgemäße Lösung läßt sich auch in Gasgeneratoren und Kleintriebwerken vorteilhaft anwenden.

[0011] In Gasgeneratoren mit einem stark vom stöchiometrischen Mischungsverhältnis abweichenden Treibstoffgemisch sind die erfindungsgemäßen Hohlkegel-Strömungen von Vorteil, da in einer von der primären Hohlkegel-Strömung gebildeten Verbrennungszone die thermo-chemischen Voraussetzungen für die Verbrennung geschaffen werden können und die zwecks Temperatursenkung erfolgende überschüssige Zufuhr des Treibstoffes in einer von der se-

kundären Hohlkegel-Strömung gebildeten Verbrennungszone stattfinden kann.

[0012] Kleintriebwerke sind üblicherweise nur mit einem Einspritzelement ausgerüstet und benötigen aufgrund der bei diesen Triebwerken fehlenden Brennkammerkühlung in der Brennkammer einen wandnahen Niedertemperaturbereich, der erfindungsgemäß durch eine angepasste Gemischaufbereitung in der von der primären Hohlkegel-Strömung gebildeten Verbrennungszone einstellbar ist.

[0013] Anhand der Zeichnung ist nachstehend ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

[0014] Fig. 1 zeigt in geschnittener Darstellung ein erfindungsgemäßes Einspritzelement.

[0015] Fig. 2 zeigt als Einzelteil in perspektivischer Ansicht den Swirler des Ausführungsbeispiels.

[0016] Fig. 3 zeigt als Einzelteil in perspektivischer Ansicht den Strömungsteiler des Ausführungsbeispiels.

[0017] Fig. 4 zeigt eine Ausführungsvariante mit verkürztem, sekundären Austrittskanal.

[0018] Fig. 5 zeigt eine Ausführungsvariante mit verjüngtem, primären Austrittskanal.

[0019] Fig. 6 zeigt eine Ausführungsvariante mit einem koaxial angeordneten Swirler zur Einspritzung einer zusätzlichen Treibstoffkomponente und

[0020] Fig. 7 zeigt eine Ausführungsvariante mit einem koaxial angeordneten Strömungsteiler zur Einspritzung einer zusätzlichen Treibstoffkomponente über Bohrungen.

[0021] Das in Fig. 1 gezeigte Einspritzelement 1 weist einen axialen, Eintrittskanal 2, einen primären Austrittskanal 11 und einen sekundären Austrittskanal auf. In den Eintrittskanal 2 ist ein Swirler 3 und ein Strömungsteiler 4 eingesetzt.

[0022] Dem in dem Eintrittskanal zugeführten, flüssigen Treibstoffstrom wird mit dem Swirler ein Drehmoment verliehen, bevor er am Austritt des Swirlers mit dem Strömungsteiler auf die beiden Austrittskanäle aufgeteilt wird. Das von dem Swirler in den flüssigen Treibstoffstrom eingeprägte Drehmoment bewirkt, dass die Teilströme in den Austrittskanälen als wandnahe Filmströmungen 13 und 14 geführt und als koaxial zueinander angeordnete, primäre Hohlkegel-Strömung 5 und sekundäre Hohlkegel-Strömung 6 mit unterschiedlichen Einspritzwinkeln  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  in die Brennkammer eingespritzt werden.

[0023] Eine typische Massenverteilung für die erfindungsgemäß in die Brennkammer eingespritzten Hohlkegel-Strömungen 5 und 6 ist mit dem Diagramm 7 in Fig. 1 dargestellt.

[0024] Der in Fig. 2 gezeigte Swirler 3 weist beispielsweise vier gleichmäßig über den Umfang verteilte Nuten 8 mit trapezförmigem Nutquerschnitt 9 und Steigungswinkel  $\beta$  auf. Abweichend von dem gezeigten Ausführungsbeispiel können für die erfindungsgemäße Lösung auch Swirler mit weniger oder mehr als vier Nuten, anderen Nutquerschnitten – z. B. mit einem rechteckförmigen Nutquerschnitt – oder mit einem steileren oder flacheren Steigungswinkel  $\beta$  ausgeführt sein.

[0025] Der in Fig. 3 gezeigte Strömungsteiler 4 ist als ein trichterförmiger Einsatz mit vier Trennöffnungen 10 und integriertem, sekundären Austrittskanal 12 ausgebildet. Die primäre Hohlkegel-Strömung 5 entsteht aus dem Anteil des Treibstoffstromes, der durch die vier Trennöffnungen in den primären Austrittskanal 11 hindurchtritt; die sekundäre Hohlkegel-Strömung 6 aus dem Anteil des Treibstoffstromes, der in den sekundären Austrittskanal 12 des Strömungsteilers 4 gelangt.

[0026] Der Strömungsteiler 4 kann von dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel abweichende konstruktive Ausgestaltungen aufweisen; z. B. kann der sekundäre Aus-

trittskanal 12 als ein von dem Strömungsteiler 4 getrenntes Bauteil ausgeführt sein. Wesentlich für die konstruktive Ausführung ist neben den Trennöffnungen das Vorhandensein einer Verjüngung in dem Strömungsteiler 4, die einen sekundären Austrittskanal 12 ermöglicht, der einen kleineren Querschnitt als der primäre Austrittskanal 11 aufweist. [0027] Die Anzahl und Positionierung der Trennöffnungen 10 auf dem Umfang des Strömungsteilers 4 soll mit der Anzahl und Positionierung der Nuten 8 auf dem Umfang des Swirlers 3 übereinstimmen. Mittels der Größe dieser Anzahl kann die über den Kegelumfang eintretende Gleichförmigkeit der primären Hohlkegel-Strömung 5 beeinflusst werden. [0028] Bei einer geringeren Anzahl – z. B. bei jeweils zwei oder drei Nuten und Trennöffnungen – ist mit einer größeren Ungleichförmigkeit besonders in der primären Hohlkegel-Strömung zu rechnen. Dies kann insbesondere dann auftreten, wenn der primäre Austrittskanal 11, wie in Fig. 1 gezeigt, zum Austritt hin selbst keine Verjüngung aufweist. Eine ungleichförmige Hohlkegel-Strömung hat zwar negative Einflüsse auf den Verbrennungswirkungsgrad, es können damit andererseits jedoch stabilisierende Effekte bei der Verbrennung erzielt werden. [0029] Die obere Anzahl für Nuten und Trennöffnungen liegt üblicherweise jeweils etwa bei sechs, wobei aber im Einzelfall auch größere Anzahlen möglich sind. [0030] Abweichend von dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel, in dem der primäre Austrittskanal 11 und der sekundäre Austrittskanal 12 in der Austrittsebene 15 des Einspritzelements enden, kann – wie in Fig. 4 gezeigt – der Austrittskanal 11 kürzer ausgeführt sein und innerhalb des Einspritzelementes enden. [0031] Auch kann als alternative Ausführungsform der primäre Austrittskanal 11 zum Austritt hin eine Verjüngung 16 aufweisen, wie in Fig. 5 gezeigt ist, was sich vorteilhaft auf die Glättung des Spritzbildes auswirkt und Anpassungen des Einspritzwinkels  $\alpha_1$  der primären Hohlkegel-Strömung 5 ermöglicht. [0032] Die Wahl der folgenden konstruktiven Parameter bestimmt die Differenz der Einspritzwinkel  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  der erfindungsgemäßen Hohlkegel-Strömungen:

- $R_e$ : effektiver Radius des Swirlers
- $n$ : Anzahl der Nuten im Swirler
- $\beta$ : Steigungswinkel der Nuten
- $r_1$ : hydraulischer Radius des primären Austrittskanals 11
- $r_2$ : hydraulischer Radius des sekundären Austrittskanals 12

[0033] Die konstruktive Auslegung von Einspritzelementen wird bekannterweise mittels eines sogenannten "geometrischen Parameters A" charakterisiert, der für die erfindungsgemäßen Hohlkegel-Strömungen Werte in den Bereichen von etwa

- $1 < A < 20$  für die primäre Hohlkegel-Strömung 5 und
- $1 < A < 12$  für die sekundäre Hohlkegel-Strömung 6 annimmt.

[0034] Der Parameter A ist wie folgt definiert:

- $A = R_e \cdot r_1 \cdot \sin(\beta) / (r_0^2 \cdot n)$  für die primäre, oder
- $A = R_e \cdot r_2 \cdot \sin(\beta) / (r_0^2 \cdot n)$  für die sekundäre Hohlkegel-Strömung. In den Definitionen bedeutet:
- $r_0$ : effektiver Radius des Nußquerschnittes
- $R_e$ : effektiver Radius des Swirlers
- $\beta$ : Steigungswinkel der Nuten im Swirler
- $n$ : Anzahl der Nuten im Swirler
- $r_1$ : hydraulischer Radius des primären Austrittskanals 11
- $r_2$ : hydraulischer Radius des sekundären Austrittskanals 12

[0035] Die erfindungsgemäße Lösung kann sowohl – wie vorangehend beschrieben – als allein wirkendes Einspritzelement Verwendung finden, als auch in Einspritzsystemen mit zusätzlichen, coaxial angeordneten Einspritzelementen verwendet werden. Fig. 6 und Fig. 7 zeigen für diese Lösun-

gen jeweils ein Ausführungsbeispiel.

[0036] In Fig. 6 wird eine zusätzliche Treibstoffkomponente 17 mit einer dritten Hohlkegel-Strömung 19 – zusätzlich zu der primären Hohlkegel-Strömung 5 und der sekundären Hohlkegel-Strömung 6 – in die Brennkammer eingespritzt. Die dritte Hohlkegel-Strömung 19 ist mit einem Swirler 18 erzeugt, der coaxial angeordnet um das Einspritzelement 1 rotiert.

[0037] In Fig. 7 wird die zusätzliche Treibstoffkomponente 17 über mehrere Bohrungen 20 in einzelne Strahlen 21 aufgeteilt und in die Brennkammer eingespritzt. Die Bohrungen 20 umgeben das Einspritzelement 1.

#### Patentansprüche

1. Einspritzelement für einen Raketenantrieb mit einem Swirler und Strömungsteiler, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Einspritzelement (1) dem zugeführten Treibstoffstrom mit dem Swirler (3) ein Drehmoment eingeprägt wird und der gewirte Treibstoffstrom mittels des Strömungsteilers (4), einem primären Austrittskanal (11) und einem sekundären Austrittskanal (12) in eine primäre Hohlkegel-Strömung (5) und eine sekundäre Hohlkegel-Strömung (6) aufgespalten und in die Brennkammer mit unterschiedlichen Einspritzwinkeln ( $\alpha_1, \alpha_2$ ) eingespritzt wird.
2. Einspritzelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der geometrische Parameter A des Einspritzelementes Werte im Bereich von etwa  $1 < A < 20$  für die primäre Hohlkegel-Strömung (5) und Werte im Bereich von etwa  $1 < A < 12$  für die sekundäre Hohlkegel-Strömung (6) aufweist.
3. Einspritzelement nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Nuten (8) in dem Swirler (3) vorzugsweise etwa zwei bis sechs beträgt.
4. Einspritzelement nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Nuten (8) des Swirlers (3) einen rechteck- oder trapezförmigen Nutquerschnitt (9) aufweisen.
5. Einspritzelement nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungsteiler (4) als ein trichterförmiger Einsatz mit integriertem, verjüngten, sekundären Austrittskanal (12) und Trennöffnungen (10) für die Aufspaltung des Treibstoffstromes besteht.
6. Einspritzelement nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl und Positionierung der Trennöffnungen (10) auf dem Umfang des Strömungsteilers (4) mit der Anzahl und Positionierung der Nuten (8) auf dem Umfang des Swirlers (3) übereinstimmt.
7. Einspritzelement nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der sekundäre Austrittskanal (12) vor der Austrittsebene (15) des Einspritzelementes endet.
8. Einspritzelement nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der primäre Austrittskanal (11) zum Austritt hin eine Verjüngung (16) aufweist.
9. Einspritzelement nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Einspritzelement (1) mit einem coaxial angeordneten Swirler (18) umgeben ist mit dem eine zusätzliche Treibstoffkomponente (17) als dritte Hohlkegel-Strömung (19) in die Brennkammer eingespritzt wird.
10. Einspritzelement nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Einspritzele-

ment (1) mit einem koaxial angeordneten Strömungsteiler umgeben ist mit über Bohrungen (20) eine zusätzliche Treibstoffkomponente (17) in die Brennkammer eingespritzt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

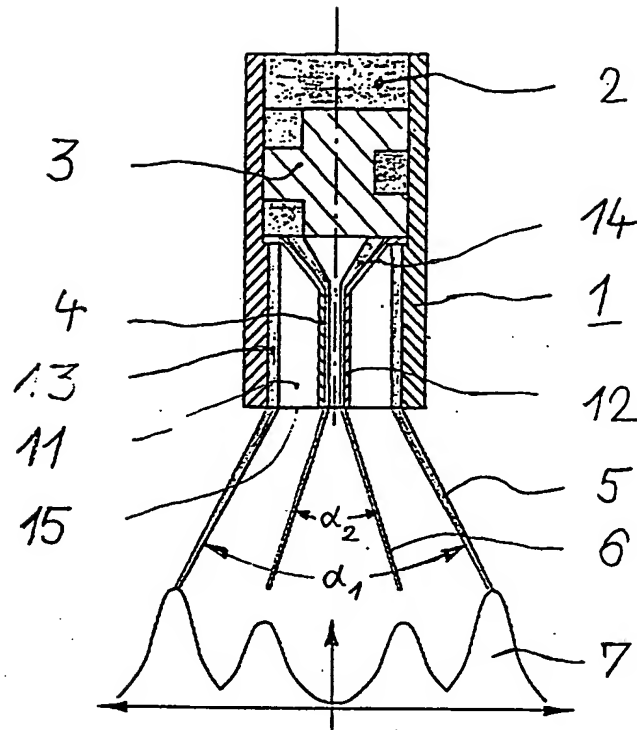


Fig. 1

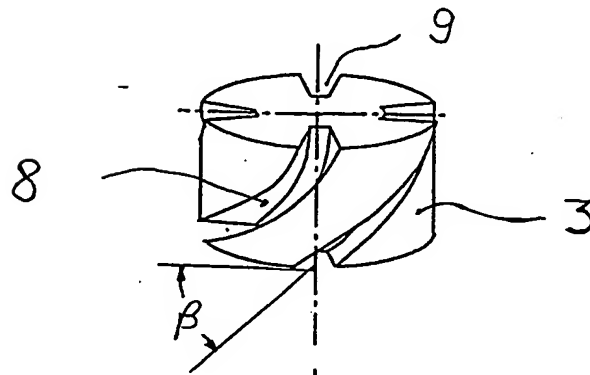


Fig. 2

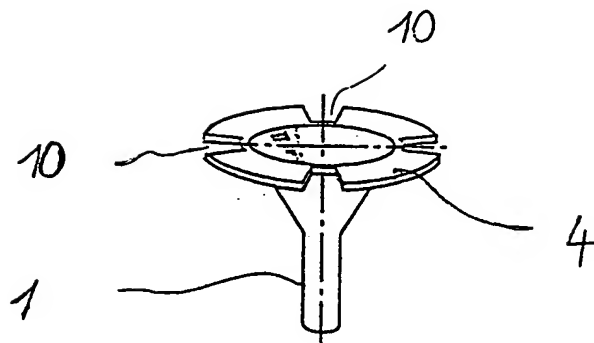


Fig. 3

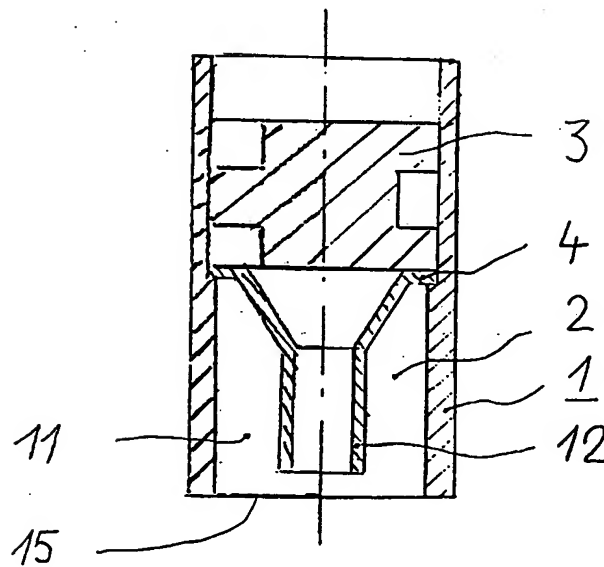


Fig. 4

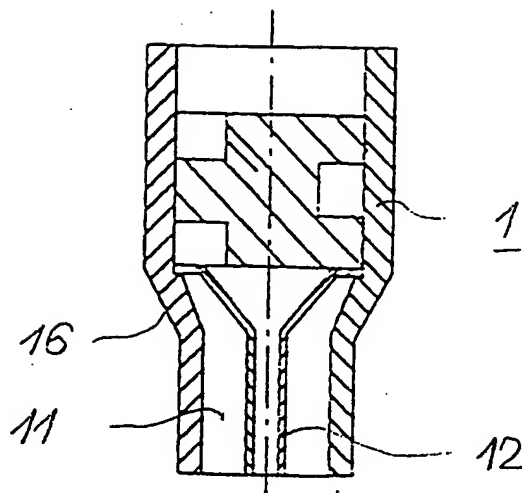


Fig. 5

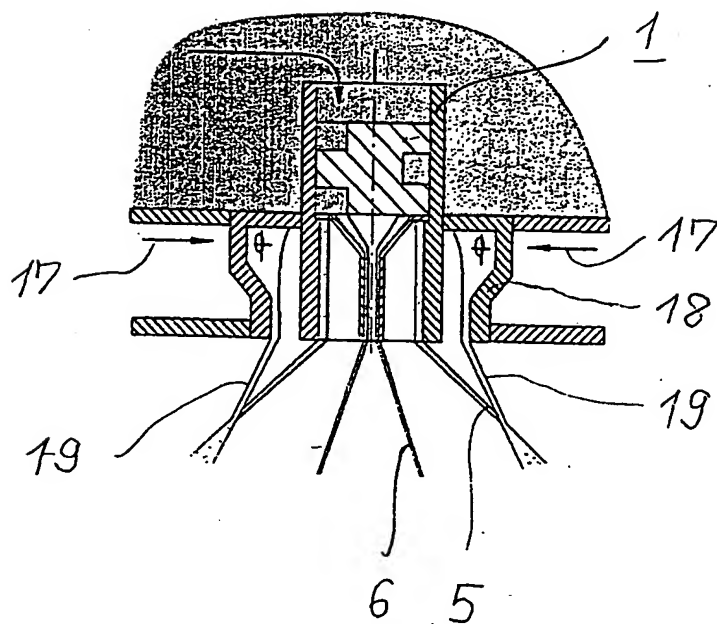


Fig. 6

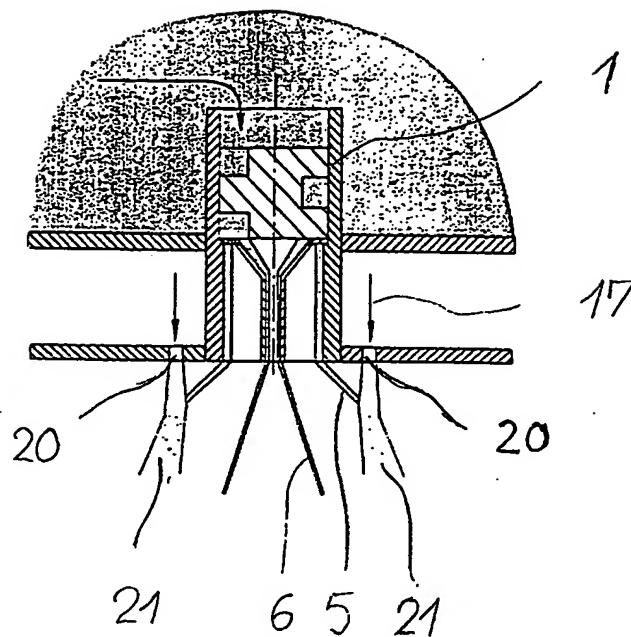


Fig. 7